Québec

NOTE DE RECHERCHE FORESTIÈRE N° 25, 1985

FERTILISATION ET DÉGAGEMENT CHIMIQUE D'UNE JEUNE PLANTATION DE PIN GRIS: RÉSULTATS DE CINQ ANS

Gilles Sheedy*

O.D.C. 237.4+242(047.3)(714)
L.C. SD 401

RÉSUMÉ

Les résultats présentés dans cette note montrent que l'application d'un herbicide **(Roundup)** entre les rangées de plants en juin 1977 a causé des dommages importants aux jeunes pin gris. Ainsi, en moyenne, quarante pour cent des tiges ont été affectées par des blessures causées par ce traitement et près de 16 p. 100 des arbres en sont morts.

Ce traitement a donc perturbé passablement la croissance des arbres et induit de fortes variations dans les résultats de croissance par placette, par traitement et par dispositif, limitant ainsi la portée de nos conclusions sur les effets de la fertilisation.

Il reste qu'en moyenne, la fertilisation a quand même eu des effets positifs sur la croissance des arbres. Ainsi, la hauteur moyenne, la croissance quinquennale en hauteur et le volume total par hectare des arbres fertilisés sont supérieur à ceux des arbres témoins. Dans le cas du meilleur traitement de fertilisation (75 kg/ha de N-P-K), le volume total par hectare des arbres est supérieur à celui des arbres témoins de plus de 110 p. 100 (traitement 15, dispositif B). Les résultats actuels ne nous permettent pas d'identifier avec certitude le ou les meilleurs types d'engrais à appliquer dans ce genre de plantation (pin gris de 2 ans). Cependant, les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'application de nitrate d'ammonium (75 kg/ha), de triple superphosphate (50 kg/ha P) et de sulfate de potassium et de magnésium (25 kg/ha K). Le volume total par hectare des arbres qui ont reçu ce traitement est supérieur à celui des arbres témoins de plus de 74 p. 100 (traitement 11, dispositif A).

*Ingénieur forestier, Msc.F., chargé de recherches en fertilité et reboisement

SUMMARY

The results presented in this note show that the application of herbicide (Roundup) between the rows of seedlings in June 1977 has caused important damages in this young jack pine plantation. Forty percent of the stems have been affected by this treatment and sixteen percent of the trees have been killed.

This treatment affected the growth results of trees and induced large variations in the results between plots, fertilizer treatments and devices. Those variations have limited our conclusions on the effects of the fertilizer on the growth of this plantation.

Nevertheless, the fertilizer had positive effects on the growth of trees. The mean height, the five-year growth height and the total volume of fertilized trees are superior to those of the control. The total volume by hectare, for the best fertilizer treatment (75 kg/ha N-P-K), is superior to the control by more than 110 p. 100 (treatment 15, device B).

It is not possible to identify from the actual results the best fertilizer type to apply on this kind of plantation (two-year-old jack pine), but the best results were obtained with the application of ammonium nitrate (75 kg/ha N), concentrated superphosphate (50 kg/ha P) and potassium-magnesium sulfate (25 kg/ha). The total volume by hectare of the trees fertilized with this treatment is superior to the control by more than 74 p. 100 (treatment 11, device A).

INTRODUCTION

Le Service de la recherche du M.E.R. a entrepris, en collaboration avec plusieurs unités de gestion, un programme de fertilisation des plantations. Ce projet a pour but de déterminer les quantités optimales d'éléments à appliquer sur une plantation d'un âge, d'une essence et d'une classe de fertilité donnés en vue de stimuler la croissance des arbres.

Ce rapport présente les résultats quinquennaux de croissance d'un dispositif de fertilisation établi dans une plantation de pin gris âgée de deux ans.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Description de la station

Cette étude a été réalisée sur une jeune plantation de pin gris établie en 1974 sur une terre abandonnée. La plantation est située près du lac Castagnier, circonscription électorale d'Abitibi-Ouest, à 77° 47' 45" de longitude ouest et 48° 44' 05" de latitude nord.

Cette région fait partie de la section forestière B.4 (Argiles du Nord) de Rowe (1972).

La précipitation totale annuelle dans cette région est de 840 mm et la température moyenne annuelle est de 0,8° C. La longueur de la saison sans gel est de 85 jours (Ferland et Gagnon, 1967).

Cette plantation croît sur un épais dépôt d'argile d'origine fluvio-lacustre à une altitude de 305 m au-dessus du niveau de la mer. Le sol fait partie des podzols humo-ferriques gleyifiés (Canada, Department of Agriculture, 1978) mal drainés.

La végétation naturelle qui colonise cette ferme abandonnée se compose principalement d'herbes de toutes sortes, de rosiers sauvages, d'éricacées, d'aulnes, de bouleaux et de trembles.

Lors de l'établissement du dispositif expérimental en juin 1976, la plantation avait en moyenne une hauteur de 36 cm et elle était âgée de deux ans.

Selon la Carte de possibilité des terres pour la forêt (Environnement Canada, 1975), cette région appartient principalement à la classe 4: terres comprenant des limitations modérément graves pour la croissance de forêts commerciales.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental comprend deux parties (A et B). La partie A du dispositif comprend, en plus du témoin, un seul traitement de fertilisation et ce traitement a été appliqué en utilisant plusieurs types d'engrais de telle sorte que cette partie du dispositif est constituée au total de douze traitements et de quatre répétitions de chacun des traitements (48 placettes). La partie B du dispositif comprend quinze traitements de fertilisation en plus du traitement témoin et trois répétitions de chacun de ces traitements. Les 96 placettes qui forment ce dispositif (48 placettes dans la partie A et autant dans la partie B) ont une superficie de 100 m^2 (10 m X 10 m).

Traitements de fertilisation

Les engrais ont été appliqués manuellement en juin 1976 sur toute la surface des placettes (0,01 ha) à l'aide d'épandeurs portatifs de marque **Cyclone**. Les traitements de fertilisation ont été choisis au hasard pour chaque répétition (bloc) de chacun des dispositifs (A et B). Le tableau 1 présente une description des traitements qui ont été appliqués sur cette plantation.

MESURAGE ET ÉCHANTILLONNAGE DU DISPOSITIF

Des échantillons de sol ont été prélevés (2 profils de sol) lors de l'établissement du dispositif expérimental et des échantillonnages foliaires (3 échantillons par placette) ont été effectués en septembre de 1977, 1978 et 1980. Tous les échantillons ont été préparés et analysés selon les méthodes courantes du laboratoire (Walsh, 1971). Une partie des aiguilles échantillonnées a été utilisée pour déterminer la longueur moyenne de 25 aiguilles et la masse totale sèche de 200 aiguilles pour chaque placette.

La hauteur des 9 arbres du centre de chacune des placettes a été mesurée en mai 1976 (avant la fertilisation) puis en septembre 1976, 1977, 1978 et 1980. Le diamètre des arbres a été mesuré en 1980 sur les tiges qui mesuraient 1,35 m et plus de hauteur. De plus, la présence de défauts (tiges penchées ou fourchues) ou de blessures (causées par la neige, le verglas, les insectes, les maladies, les animaux, l'herbicide, etc.) sur les tiges a été notée lors des mesurages.

Des analyses de variance pour un dispositif à blocs complets ont été effectuées, pour chacun des dispositifs (A et B), sur les données préliminaires de croissance et sur les mesures de longueur et de masse des aiguilles.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Résultats des analyses de sol

Bien que les résultats des analyses de sol ne soient par présentés dans ce rapport, on peut retenir que lors de l'établissement du dispositif en 1976, les teneurs en N, P, K, Mg et Ca étaient supérieures aux seuils de fertilité recommandés pour le pin gris (Wilde, 1968). De plus, l'analyse texturale de ce sol indique qu'il s'agit d'un loam argileux.

Résultats des analyses chimiques des aiguilles

Les résultats présentés aux tableaux 2 et 3 montrent qu'il existe beaucoup de variations dans les concentrations en éléments des aiguilles selon les traitements et selon les années. Ainsi, les concentrations en éléments des aiguilles de 1977 et de 1980 sont généralement supérieures à celles de 1978 pour la plupart des traitements.

De plus, dans le cas des échantillons de 1977, les concentrations en éléments étaient plus élevées dans les aiguilles provenant du dispositif A. On notera que ces échantillons ont été prélevés deux saisons de croissance après la fertilisation et une saison de croissance après l'application de l'herbicide **Roundup**.

Les effets des traitments sur les concentrations en éléments des feuilles sont surtout apparents dans les résultats de 1977. Ainsi, en moyenne, les additions d'engrais au sol ont causé des augmentations dans les concentrations en N (1977), P (1977 et 1978), Mg (1977 et 1978) et Ca (1977) des aiguilles. On constate aussi au tableau 3 que les concentrations en N et en P des aiguilles de 1977 augmentent avec les quantitées d'azote et de phosphore qui ont été appliquées. Toutefois, ces effets des engrais s'atténuent rapidement par la suite.

Dans l'ensemble, les résultats de ces analyses concordent bien avec ceux des analyses du sol et montrent que le niveau de fertilité de ce dernier est suffisant pour permettre aux pins gris de croître normalement.

Ainsi, si l'on compare ces résultats aux standards de fertilité pour le pin gris (Swan, 1969), on constate que les concentrations en N, K, Mg et Ca des aiguilles correspondent au palier de suffisance et abondance de ces standards alors que les concentrations en P correspondent au palier de déficience-suffisance.

Mesures de longueur et de masse des aiguilles

Les résultats présentés au tableau 4 montrent que la fertilisation a eu peu d'effet sur la longueur et la masse des aiguilles échantillonnées. On note toutefois que la longueur et la masse des aiguilles de 1978 augmentent avec une augmentation des quantités d'azote appliqué. Il existe ici aussi beaucoup de variations entre les résultats selon les traitements et les années. Les résultats pour les arbres témoins sont d'ailleurs souvent supérieurs à ceux des arbres fertilisés. Le fait que ces échantillons aient été prélevés deux saisons de croissance après la fertilisation et une saison de croissance après l'application de l'herbicide pourrait expliquer la faible réaction à la fertilisation qu'on observe au niveau des mesures de longueur et de masse des aiguilles.

Mesures dendrométriques de 1975 à 1980 et observations sur l'état de santé des arbres

Les tableaux 5 et 6 présentent les résultats de croissance et les observations sur l'état de santé des arbres. Ces résultats montrent qu'après cinq ans, la hauteur des plants fertilisés est supérieure à celle des plants témoins. La hauteur de ces derniers est en moyenne de 153 cm (163 cm, dispositif A et 143 cm, dispositif B), celle des plants fertilisés est de 168 cm (173 cm, dispositif A et 163 cm, dispositif B). De plus, les accroissements quinquinnaux en hauteur des arbres fertilisés sont en moyenne supérieurs à ceux des arbres témoins de 11 cm (dispositif A) et de 14 cm (dispositif B) respectivement. Les meilleurs accroissements quinquennaux en hauteur ont été obtenus avec les traitements 5, 2 et 11 du dispositif A (75-50-25) et 15 (75-75-75) et 7 (0-75-0) du dispositif B. Ces augmentations sont supérieures à celles des traitements témoins de plus de 25, 22, 19, 44 et 35 p. 100 respectivement (tableau 5). En ce qui concerne le diamètre des arbres, seuls les plants fertilisés du dispositif B présentent un diamètre moyen plus gros que celui des arbres témoins.

Bien que la fertilisation ait eu des effets sur la hauteur et la croissance en hauteur des plants, ces effets sont trop faibles et il existe trop de variations entre les résultats pour causer des différences significatives entre les traitements (tableau 5). Le tableau 6 montre aussi qu'il existe beaucoup de variations entre la hauteur, le diamètre et la croissance quinquennale en hauteur des arbres selon les répétitions et qu'il existe des différences significatives entre ces dernières pour la hauteur et la croissance en hauteur (dispositif B). On notera aussi que les résultats de croissance pour le dispositif A sont en moyenne supérieurs à ceux du dispositif B.

Les effets de l'application de l'herbicide **Roundup** sur cette plantation peuvent expliquer une bonne partie des variations qu'on observe au niveau foliaire et dans la croissance des arbres par répétition, par traitement et par dispositif. Les données présentées aux tableaux 5 et 6 montrent en effet que quarante pour cent des plants présentaient des blessures causées par ce traitement à l'automne de 1977 et que le taux de mortalité depuis ce temps est anormalement élevé dans cette plantation (16 p. 100). Les dommages causés aux arbres varient fortement entre les placettes, les traitements, les répétitions et les dispositifs (A et B) et, en moyenne, moins de 40 p. 100 des arbres sont sains. Le taux de mortalité varie aussi très fortement selon les traitements. Dans le dispositif A, ce taux varie de 3 (traitements 1, 7 et 12) à 28 p. 100 (traitement 3) selon les traitements et de 7 (répétition B) à 26 p. 100 (répétition D) selon les répétitions. Ces variations sont du même ordre dans le dispositif B (4 à 32 p. 100 selon les traitements et 11 à 35 p. 100 selon les répétitions). De plus, environ 3 p. 100 des arbres présentent des blessures sur la tige qui sont causées par le verglas, la neige ou les insectes (nodulier). Les tableaux 5 et 6 montrent aussi que les dommages causés aux arbres (blessures et mortalité) sont en moyenne plus élevés dans le dispositif B.

On peut mieux visualiser ces résultats à l'examen de la figure 1 qui présente le volume total des tiges (dm^3/ha) par traitement ainsi que la mortalité (p. 100) et les dommages causés par l'herbicide (p. 100). Le volume total par hectare a été calculé sommairement de la façon suivante:

$$VT'(dm^3/ha) = 2 \left[\frac{(H^* - 135)\, D^2\, \Pi}{12} + \frac{135\, D^2\, \Pi}{4} \right] \frac{2\,500 \text{ tiges/ha}}{1\,000 \text{ (facteur de conversion)}}$$

La figure 1 montre que le volume total des tiges est en général supérieur lorsque les dommages (mortalité et herbicide) sont faibles. Ces derniers sont d'ailleurs plus faibles dans le dispositif A et le volume total des tiges dans ce dispositif est en moyenne supérieur à celui des tiges du dispositif B. La figure 1 montre également que dans le dispositif A, les meilleurs résultats ont été obtenus pour les traitements 11 (N-tsp-KMg) avec 74 p. 100 d'augmentation par rapport au traitement témoin, 7 (U-tsp-K_2SO_4) avec 54 p. 100 d'augmentation et 5 (U-P(NH_4)-KCL) avec 23 p. 100 d'augmentation. Dans le dispositif B, ce sont les traitements 15(75-75-75), 3(75-0-0) et 7(0-75-0) qui ont permis d'obtenir les meilleurs résultats pour le volume total, avec des augmentations respectives de 110, 100 et 79 p. 100 par rapport au traitement témoin. Le volume total moyen des arbres fertilisés (589 dm^3/ha pour le dispositif A et 426 dm^3 pour le dispositif B) est supérieur à celui des arbres témoins (555 et 327 dm^3/ha respectivement pour les dispositifs A et B).

Ces résultats montrent bien que n'eut été des effets néfastes de l'herbicide sur cette plantation, les pins gris fertilisés auraient présenté des résultats de croissance nettement meilleurs que ceux des arbres témoins.

---

*H: hauteur en cm, D: diamètre en cm

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à souligner la précieuse collaboration de M. Conrad Thomassin qui a effectué l'établissement, la fertilisation et les mesurages du dispositif expérimental. Des remerciements sincères s'adressent également à MM. Yvon Richard et Mario Ménard pour leur collaboration dans la compilation mécanographique et l'analyse statistique des données.

Je remercie aussi tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la dactylographie, à la correction et à la réalisation de ce rapport.

REFERENCES

ANONYME,1970. **The system of soil classification for Canada.** Min. Agric. Canada, Ottawa, 270 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 1976. **Possibilités des Terres pour la forêt.** Carte Senneterre -32C. Min. Environ. Can., Catalogue En64/3-32C

FERLAND, M.G. et R.M. GAGNON, 1967. **Climat du Québec méridional.** Québec, Min. Rich. Nat., Serv. de météorologie, 93 p.

ROWE, J.S., 1959. **Forest regions of Canada.** Can. Dep. North. Aff. Nat. Res., Forest Br. Bull. 123, 71 p.

SWAN, H.S.D., 1969. **Relationship between nutrient supply, growth and nutrient concentrations in the foliage of black spruce and jack pine.** P.P.R.I.C., W.R. 19, 46 P.

WALSH, L.M., 1971. **Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue.** Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, U.S.A., 222 p.

WILDE, S.A., 1968. **Forest soils, their properties and relation to silviculture.** Ronald Press. N.Y. 537 p.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie
et des Ressources
Service de la recherche
(Terres et Forêts)

Tous droits réservés

Tableau 1: Traitements de fertilisation

Disp.	Trait n°	quantité d'éléments kg/ha N	P	K	quantité d'engrais[1] par placette (kg)		
A	1	75	50	25	1,64 U	2,54 tsp	0,50 KCl
	2	75	50	25	2,24 Na	2,54 tsp	0,50 KCl
	3	75	50	25	3,57 Ns	2,54 tsp	0,50 KCl
	4	75	50	25	4,84 NCa	2,54 tsp	0,50 KCl
	5	75	50	25	0,67 U	2,49 PN	0,50 KCl
	6	75	50	25	1,64 U	5,72 sp	0,50 KCl
	7	75	50	25	1,64 U	2,54 tsp	0,60 KS
	8	75	50	25	1,47 U	2,54 tsp	0,68 KN
	9	75	50	25	1,64 U	2,54 tsp	1,36 KS Mg
	10	75	50	25	3,57 NS	2,54 tsp	1,36 KS Mg
	11	75	50	25	2,24 Na	2,54 tsp	1,36 KS Mg
	12	témoin			0	0	0
B					U	tsp	KCl
	1	témoin			0	0	0
	2	50	0	0	1,09	0	0
	3	75	0	0	1,64	0	0
	4	100	0	0	2,18	0	0
	5	150	0	0	3,27	0	0
	6	0	50	0	0	2,54	0
	7	0	75	0	0	3,82	0
	8	0	100	0	0	5,08	0
	9	0	0	25	0	0	0,50
	10	0	0	50	0	0	0,98
	11	0	0	75	0	0	1,48
	12	0	0	100	0	0	2,0
	13	150	100	50	3,27	5,08	0,98
	14	75	75	0	1,64	3,82	0
	15	75	75	75	1,64	3,82	1,48
	16	75	75	75	1,64	3,82	1,48

[1] U: urée 45 p 100 N, tsp: triple superphosphate (45 p. 100 P_2O_5), KCl: chlorure de potassium (60. p. 100 K_2O), Na: nitrate d'ammonium (33,5 p. 100 N), NS: sulfate d'ammonium (21 p. 100 N), NCa: nitrate de calcium (15,5 p. 100 N), PN: phosphate d'ammonium (46 p. 100 P_2O_5 et 18 p. 100 N), sp: superphosphate (20. p 100 P_2O_5), KS: sulfate de potassium (50 p. 100 K_2O), KN: nitrate de potassium (44 p. 100 K et 13 p. 100 N), KS Mg: sulfate de potassium et de magnésium (22 p. 100 K_2O et 11 p. 102 Mg)

Tableau 2: Concentrations en N,P,K, Mg et Ca des aiguilles de 1977, 1978 et 1980, par traitement. Dispositif A

n°	Traitements (kg/ha) 75N	50P	25K	Concentrations en éléments: N (p. 100) 1977	1978	1980	P (ppm)[1] 1977	1978	1980	Mg (ppm) 1977	1978	1980	K (ppm) 1977	1978	1982	Ca (ppm) 1977	1978	1980
1	U	cap	KCl	1,84	1,33	1,51	1665	1381	1427	1050	1135	1076	5488	5543	4854	2065	1248	2204
2	Na	cap	KCl	1,66	1,43	1,58	1601	1457	1496	977	1085	1098	5337	5384	4853	1826	1099	2132
3	NS	cap	KCl	1,80	1,17	1,52	1628	1240	1442	1070	964	1155	5249	5038	4778	2159	1200	2327
4	NCa	cap	KCl	1,69	1,23	1,56	1650	1282	1483	1073	1021	1186	5705	5206	4990	1871	1364	2313
5	U	PN	KCl	1,99	1,24	1,57	1735	1212	1569	1061	936	1192	5244	4260	5343	2054	810	2077
6	U	SP	KCl	1,90	1,39	1,63	1715	1390	1545	1164	1094	1191	5581	5675	5220	2253	1365	2215
7	U	cap	KS	1,81	1,44	1,50	1740	1480	1514	1123	1107	1119	5689	5689	5680	5466	5466	2926
8	U	cap	KN	1,95	1,33	1,40	1769	1422	1422	1064	1016	1026	5772	5953	4953	1978	1167	1782
9	U	cap	KSMg	1,76	1,30	1,41	1644	1378	1403	1022	995	1010	5358	5460	4942	2117	1187	2128
10	NS	cap	KSMG	1,88	1,31	1,57	1750	1398	1506	1067	1118	1139	5686	5769	4945	1968	1099	2549
11	Na	cap	KSMG	1,91	1,59	1,50	1750	1477	1505	1098	1157	1124	5987	5861	5447	2069	1118	1970
12	témoin			1,73	1,35	1,58	1603	1338	1522	1033	1007	1181	5539	5739	5314	1974	1067	2587
Moyenne sans le témoin				1,83	1,34	1,52	1695	1374	1482	1072	1057	1120	5554	5439	5072	2117	1160	2149

[1] ppm: parties par million

Tableau 3: Concentrations en N, P, K, Mg et Ca des aiguilles de 1977, 1978 et 1980 par traitement. Dispositif B

Traitements (kg/ha)		Concentrations en éléments														
		N (p. 100)			P (ppm)			Mg (ppm)			K (ppm)			Ca (ppm)		
n°	N P K	1977	1978	1980	1977	1978	1980	1977	1978	1980	1977	1978	1980	1977	1978	1980
1	témoin	1,68	1,32	1,52	1488	1279	1432	963	949	1151	5479	5677	4783	2172	1495	2546
2	50-0-0	1,64	1,43	1,73	1441	1377	1631	969	1131	1289	5304	5744	4821	3797	1477	2453
3	75-0-0	1,72	1,32	1,31	1409	1285	1361	1027	1035	1169	3818	5266	4136	2320	1350	2086
4	100-0-0	1,70	1,44	1,38	1413	1393	1362	1039	1064	1100	5013	5264	4567	2936	1330	2110
5	150-0-0	1,87	1,24	1,71	1413	873	1664	938	873	1245	5245	5296	5087	1977	1034	2252
6	0-50-0	1,75	1,45	1,47	1638	1040	1639	1073	1040	1217	5559	5066	4978	2145	2002	2151
7	0-75-0	1,76	1,34	1,20	1636	924	1394	1082	924	977	5285	5153	4444	2187	1392	1678
8	0-100-0	1,68	1,36	1,24	1654	1376	1397	1115	987	1161	5538	5316	3966	2327	1160	1786
9	0-0-25	1,77	1,61	1,49	1564	1507	1491	1186	1153	1153	5402	6278	4826	2396	1578	2003
10	0-0-50	1,72	1,41	1,48	1484	1468	1497	1068	1238	1120	5077	5748	4425	3659	1745	2084
11	0-0-75	1,76	1,47	1,31	1548	1405	1356	1035	1044	1099	5394	5698	4730	1921	1395	2124
12	0-0-100	1,81	1,43	1,31	1548	1387	1357	1123	1060	1173	5416	5679	4731	1731	1369	2272
13	150-150-150	1,80	1,48	1,41	1594	955	1463	1067	1083	1239	5318	5683	4742	2472	1479	2304
14	75-75-0	1,78	1,54	1,45	1674	1518	1463	1181	1087	1115	5139	5074	4849	2139	1570	2499
15	75-75-75	1,71	1,38	1,11	1555	1464	1252	1045	1011	1088	5031	5415	4222	1872	1266	1847
16	75-50-25	1,66	1,40	1,37	1573	1429	1447	957	1120	1132	5029	5513	4770	1940	1587	2009
moyenne sans le témoin		1,74	1,42	1,40	1543	1293	1452	1060	1057	1152	5171	5479	4620	2388	1449	2114

Tableau 4: Mesures de longueur et de masse des aiguilles de 1977, 1978 et 1980, par traitement et par dispositif

Dispositif	Traitements (kg/ha)				Mesures de long.[1] (mm)			Mesures de masse[1] (g)		
	N°	N	P	K	1977	1978	1980	1977	1978	1980
A		75	50	25						
	1	U	tsp	KCl	43	42	39	2,37	2,28	2,28
	2	N	tsp	KCl	40	39	38	2,26	2,06	2,22
	3	NS	tsp	KCl	46	42	36	2,39	2,15	2,11
	4	NCa	tsp	KCl	43	39	39	2,13	2,40	2,19
	5	U	$P(NH_4)$	KCl	43	40	39	2,45	2,46	2,31
	6	U	spn	KCl	40	42	39	2,10	2,20	2,26
	7	U	tsp	K_2SO_4	38	42	40	2,05	2,05	2,05
	8	U	tsp	KNO_3	45	39	39	2,76	2,26	2,34
	9	U	tsp	KMg	44	42	40	2,66	2,69	2,34
	10	NS	tsp	KMg	42	42	37	2,17	2,27	2,14
	11	N	tsp	KMg	41	42	39	2,23	2,51	2,41
	12		témoin		45	41	40	2,51	2,56	2,27
	moyenne sans le témoin				42	41	39	2,32	2,30	2,24
B	1		témoin		44	44	36	2,48	2,66	2,06
	2	50	0	0	41	39	37	1,98	2,34	1,88
	3	75	0	0	43	40	40	2,45	2,33	2,52
	4	100	0	0	45	44	40	2,47	2,48	2,01
	5	150	0	0	47	41	36	2,96	2,18	2,09
	6	0	50	0	38	41	33	2,32	2,50	2,07
	7	0	75	0	41	48	34	2,10	2,78	2,29
	8	0	100	0	39	45	36	2,12	2,57	2,29
	9	0	0	25	43	44	37	2,54	2,59	2,42
	10	0	0	50	40	38	37	2,31	2,28	2,49
	11	0	0	75	47	41	38	2,26	2,17	2,05
	12	0	0	100	42	40	37	2,26	2,32	2,25
	13	150	150	150	39	41	33	2,39	2,30	1,94
	14	75	75	0	39	41	37	2,07	2,28	2,45
	15	75	75	75	45	43	37	3,09	2,50	2,26
	16	75	50	25	40	41	39	2,28	2,22	2,41
	Moyenne sans le témoin				42	42	37	2,37	2,39	2,23

1 Longueur moyenne de 25 aiguilles et masse totale sèche de 200 aiguilles par placette

Tableau 5: Mesures de hauteur et de diamètre de 1980, croissance quinquennale en hauteur et résultats des observations sur l'état de santé des plants. Dispositifs A et B

Dispositif	Traitements (kg/ha)				Hauteur 1980	Diamètre 1980	Croissance en hauteur	État de santé des plants p. 100				
	N°	N	P	K	(cm)	(mm)	(H80-H75)	S	M	H	L	N
		75	50	25								
A	1	U	tsp	KCl	155	14	120	60	4	32	4	-
	2	N	tsp	KCl	189	12	154	21	21	55	-	-
	*3	NS	tsp	KCl	135	11	100	3	28	69	-	-
	4	NCa	tsp	KCl	160	14	121	59	3	38	-	-
	5	U	$P(NH_4)$	KCl	194	15	158	46	19	26	3	6
	6	U	spn	KCl	173	12	136	25	18	53	-	4
	7	U	tsp	K_2SO_4	181	17	146	64	3	27	3	3
	8	U	tsp	KNO_3	173	14	135	68	10	16	3	3
	9	U	tsp	KMg	175	14	144	49	13	29	6	3
	10	NS	tsp	KMg	177	14	142	32	22	40	-	6
	11	N	tsp	KMg	186	18	150	44	20	36	-	-
	12	0	0	0	163	14	126	63	3	31	-	3
	moyenne sans le témoin				173	14	137	43	15	38	2	2
B	Valeur de F				1,1	-	1,1	-	-	-	-	-
	1	0	0	0	143	11	108	19	13	56	8	4
	2	50	0	0	173	13	135	34	14	52	-	-
	3	75	0	0	175	15	134	36	8	56	-	-
	4	100	0	0	155	13	118	29	28	38	5	-
	5	150	0	0	138	11	101	41	18	36	-	5
	6	0	50	0	170	13	132	25	30	45	-	-
	7	0	75	0	188	14	146	59	10	31	-	-
	8	0	100	0	139	11	104	40	12	48	-	-
	9	0	0	25	165	11	128	38	4	46	8	4
	10	0	0	50	165	13	128	24	28	48	-	-
	11	0	0	75	154	10	120	39	12	37	8	4
	*12	0	0	100	157	11	119	5	13	65	13	4
	13	150	150	150	146	8	109	39	26	35	-	-
	14	75	75	0	162	11	122	16	28	47	9	-
	15	75	75	75	196	15	156	36	32	32	-	-
	16	75	50	25	165	12	127	25	25	45	-	5
	moyenne sans le témoin				163	12	125	33	19	44	3	1
	Valeur de F				1,8	-	1,7					

Dans le dispositif A, un seul traitement de fertilisation a été appliqué (75N, 50P, 25K) en utilisant plusieurs types d'engrais

[2] Le diamètre a été mesuré à 1,35 m de hauteur

[3] S: arbres sains (p. 100)
M: arbres morts (p. 100)
H: arbres affectés par l'herbicide (p. 100)
L: nombre de tiges (p. 100) affectées par des blessures causées par les insectes, les animaux ou le verglas sur la pousse terminale
N: présence de nodulier (p. 100)

* Résultat présenté à titre d'indication seulement compte tenu du faible nombre de tiges non affectées par l'herbicide

Tableau 6: Mesures dendrométriques de 1975 à 1980 par répétition, moyennes pour le traitement témoin et pour l'ensemble des traitements de fertilisation et observations sur l'état de santé des plants. Dispositifs A et B

Dispositif	Répétitions et Traitements	Hauteur (cm)						Croissance en hauteur	Diamètre[2] 1980	État de santé des plants (p. 100)									
											Herbicide			Mortalité				Autres dommages	
		1975	1976	1977	1978	1980	1980[1]	(H80-H75)	(cm)	Sains	1977	1978	1980	1977	1978	1980	Total	L[3]	N[4]
A	A	36	50	69	91	189	196	160	16	42	38	14	6	6	1	6	13	2	5
	B	36	49	67	85	169	174	138	15	56	34	26	10	5	-	2	7	1	2
	C	35	46	61	78	153	118	12	52	33	19	10	3	3	5	2	10	3	2
	D	35	47	63	75	150	153	118	14	25	48	34	16	14	6	6	26	1	-
	Moyenne Fertilisé	36	48	65	81	167	173	137	14	43	38	24	11	7	3	5	5	2	2
	Témoin	37	50	68	89	163	163	126	14	65	31	12	6	3	-	-	3	-	3
	Valeur de F	0,3	1,0	1,0	1,7	2,4	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	A	38	47	64	81	157	158	120	12	45	33	33	18	5	6	1	12	8	2
	B	39	48	63	82	164	165	126	12	50	35	28	19	5	4	2	11	2	2
	C	36	43	53	63	144	153	177	11	4	61	50	36	16	16	3	35	-	-
	Moyenne Fertilisé	38	46	61	76	160	163	125	12	33	44	36	23	9	8	2	19	3	1
	Témoin	35	42	49	61	140	143	108	11	19	56	52	35	-	9	4	13	8	4
	Valeur de F[5]	1,8	6,6**	11,4**	22,5**	30,9**	-	1,56**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[1] Mesures corrigées en éliminant les placettes où il n'y avait pas assez d'arbres
[2] Diamètre mesuré à 1,35 m de hauteur
[3] L: nombre de tiges (p. 100) affecté par des blessures causées par des insectes, des animaux ou le verglas sur la pousse terminale
[4] N: présence de nodulier sur les tiges, nombre d'arbres affectés en pour cent
[5] ** indique une différence très significative (seuil de 0,01) entre les résultats par répétition

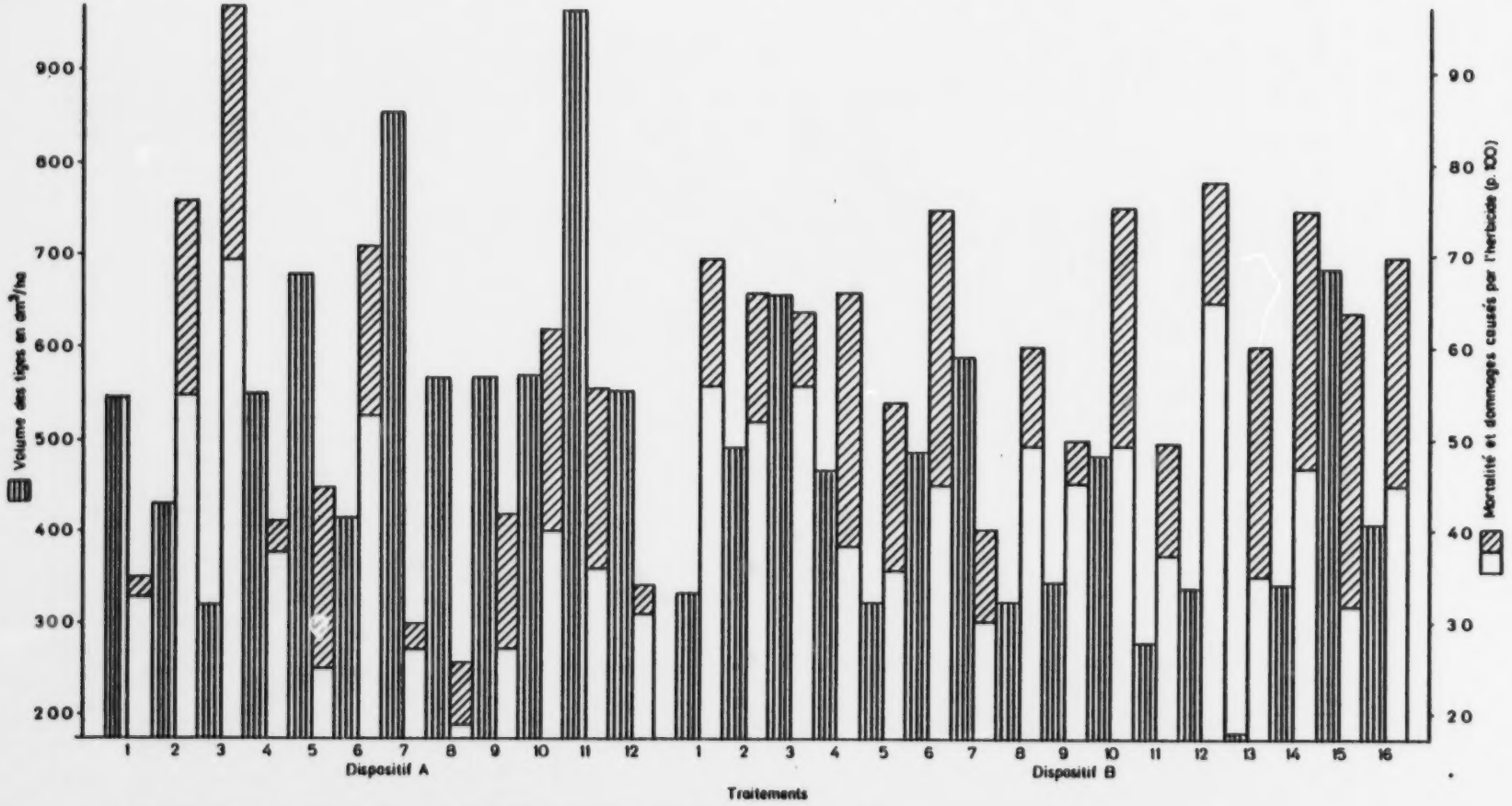

Figure 1 : Volume par hectare par traitement, mortalité et dommages causés par l'herbicide (p.100)